

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Долматов Д.А., Долматов А.Г., Соколов Р.И., Абдуллин Р.Р.

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Екатеринбург, Россия (620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19), e-mail: denis_d66@mail.ru

Аннотация: В исследовании синтезируется система передачи данных высокой помехозащищенности. Разработаны передающее и приемное устройства, реализующие метод расширения спектра, осуществляющие кодирование и декодирование передаваемого сообщения М-последовательностью. Схемы синтезированы в среде SysGen, эксперимент проведен на ПЛИС фирмы XILINX семейства Kintex7. Получение данных передатчиком осуществлялось с помощью стандарта «UART» со скоростью передачи 1,5 Мб/с. Эксперимент установил, что работоспособность системы ограничивается отношением мощности сигнала и помехи равной -14 дБ.

Ключевые слова: сложные сигналы, помехозащищенные каналы передачи, М-последовательность, стандарт «UART», синтез системы передачи.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF DATA TRANSMISSION SYSTEM USING M-SEQUENCE

Denis A. Dolmatov, Andrey G. Dolmatov, Rostislav I. Sokolov, Renat R. Abdullin

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin», Ekaterinburg, Russia (620002, Russia, Ekaterinburg, street Mira, 19), e-mail: denis_d66@mail.ru

Abstract: A data transmission system with high noise immunity is synthesized. Transmitting and receiving devices, implementing the spread spectrum and carrying out transmitted message encoding and decoding by m-sequence, are designed. Schemes are synthesized by using the SysGen software. The experiment is performed with Kintex7 PLD developed by XILINX. The system is based on the use of the standard «UART» with a rate of 1.5 Mbit/s. The experiment found that the system performance is limited by the signal-to-noise ratio equaled to -14 dB.

Keywords: complex signals, radio interference suppressed transmission channels, m-sequence, standard «UART», transmission system synthesis.

Введение

Большинство существующих стандартов связи решает широкий класс задач по обеспечению помехозащищенности, однако не обеспечивает высокого уровня защищенности от обнаружения сигналов и восстановлению конфиденциальной информации, что приводит к усложнению приемопередающего оборудования, вследствие необходимости использования дополнительных устройств и алгоритмов шифрования.

Таким образом, целью исследования является исследование помехозащищённости системы связи с кодированием исходных битов последовательных данных сложным сигналом (М-последовательностью), расширяющий спектр передаваемого цифрового сообщения.

Глава 1. Передающее устройство системы.

Для расширения спектра при синтезе системы передачи данных используются М-последовательности с размером 255 элементов противоположной фазы, с применением относительной фазовой манипуляции. Выбор М-последовательности обусловлен простотой их генерации с помощью регистра сдвига с обратными связями. Так же при обработке полученного сигнала методами согласованной фильтрации получается достаточно высокое отношение сигнал/шум.

Разработка структуры передатчика и приемника, их функциональное наполнение и последующее моделирование выполнялись в среде SysGen системы моделирования MATLAB. Эта среда позволяет автоматически сформировать программу прошивки ПЛИС или составить HDL-описание цифрового устройства. Блок-схемы передатчика и приемника показаны на рисунках 1 и 7, соответственно.

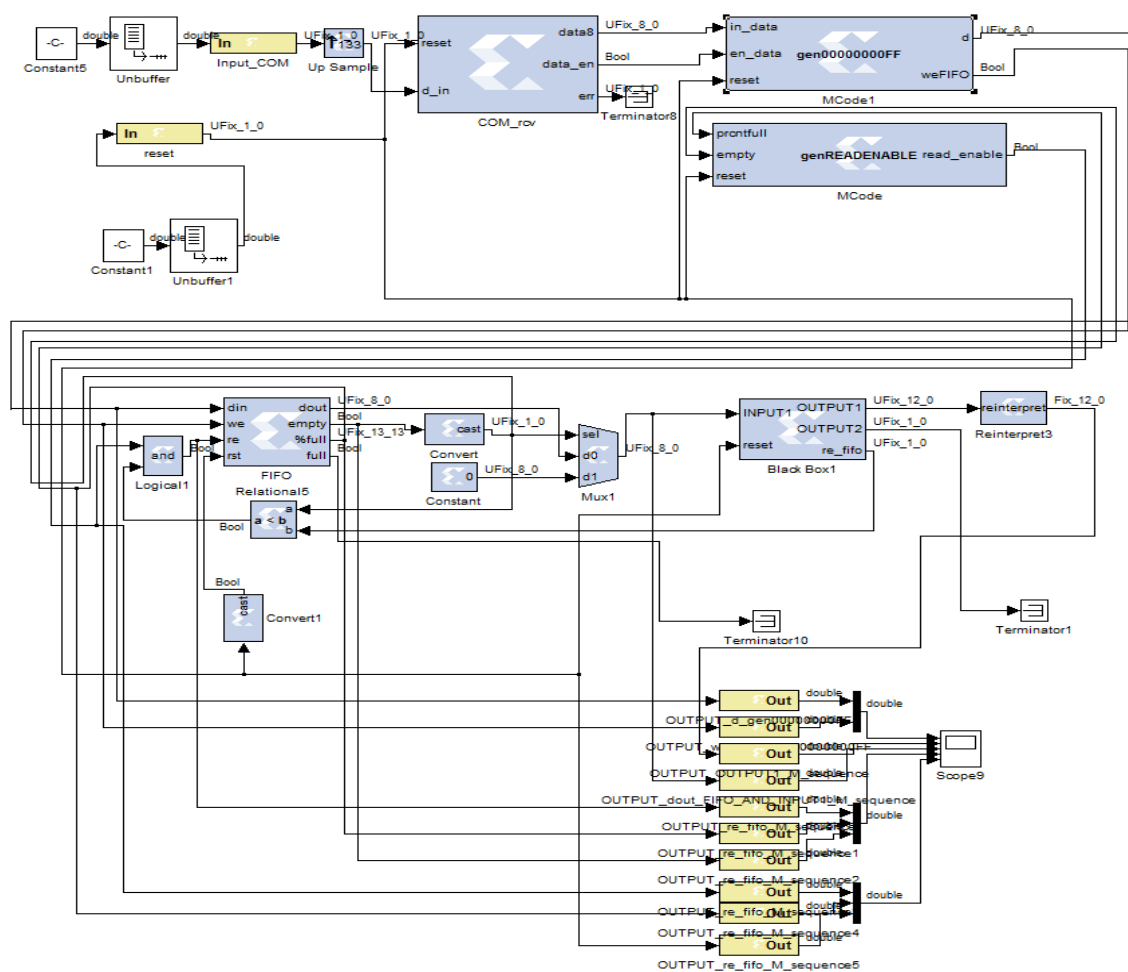


Рис. 1 – Блок-схема передатчика.

Источником сигнала служит массив числовых данных, предварительно записанных в рабочем пространстве системы MATLAB. Этот массив является моделью данных,

поступающих от COM-порта. Далее массив представляется в виде последовательности битов, которые принимает блок приёма данных из COM порта, представленный на рис. 2.

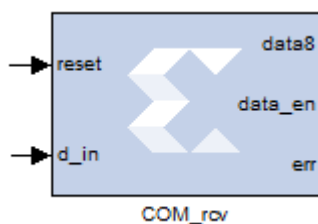


Рис. 2 – Блок приёма данных из COM порта

Блок «COM_rcv» принимает данные, идущие последовательно, бит за битом. При отсутствии данных на входе (последовательность «1» на входе) данный блок ждёт «стартового бита» и после него записывает в регистр сдвига 8 битов, считая первый бит – младшим, затем на вход поступает «стоповый бит» и блок ждёт следующего прихода данных. На выходе блока появляется сигнал разрешения записи данных в следующий блок создания слова синхронизации «gen00000000FF», представленный на рисунке 3.

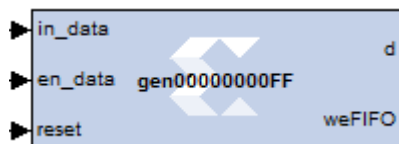


Рис. 3 – Блок «gen00000000FF» создания слова синхронизации

Блок «gen00000000FF» при переходе сигнала «en_data» из «0» в «1» вначале кадра записывает в следующий блок – память «FIFO» слово синхронизации «00000000FF» в 16-й системе счисления а затем данные, пришедшие на вход «in_data». Каждый кадр состоит из 256 байтов.

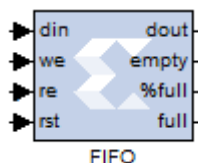


Рис. 4 – Блок память «FIFO»

Блок памяти «FIFO» (рисунок 4) сохраняет данные, пришедшие на вход с одной скоростью, и отправляет их далее на следующий блок с другой скоростью. Скорость прихода данных неодинакова, она может быть как больше, так и меньше скорости выходных данных, которая должна быть постоянна. Далее данные отправляются на вход блока формирования М-последовательностей и блок формирования относительной фазовой манипуляции.

Данные из блока памяти «FIFO» начинают считываться только тогда, когда в нем имеется не меньше, чем $256+5=261$ байт (слово синхронизации и кадр из 256 байтов данных). Считывание осуществляется с помощью булевой логики и блока «genREADENABLE» (рисунок 5), который производит сигнал «read_enable», в течение которого можно считывать данные из блока памяти «FIFO». Сигнал длится $1020*8*261=2129760$ периодов тактового сигнала, т.к. 1020 – период бита, заменённого М-последовательностью, 8 – количество битов в байте, 261 – слово синхронизации и кадр из 256 байтов данных.

Блок цифрового формирователя низкочастотных сигналов переносит спектр высокочастотного сигнала вниз по частоте, осуществляет демодуляцию однополосного высокочастотного сигнала. На первом выходе получается синфазная, а на втором – квадратурная составляющие сигнала в виде М-последовательностей определённой амплитуды из-за сдвига сигнала по фазе при передаче в эфире. Далее эти последовательности поступают на согласованные с М-последовательностью фильтры (рисунки 8 и 9).

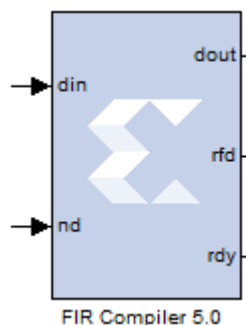


Рис. 8. Согласованный фильтр 1

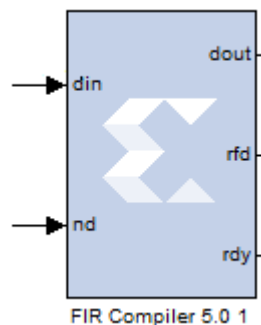


Рис. 9. Согласованный фильтр 2

На выходе фильтров получается ВКФ пришедшей М-последовательности с оригинальной М-последовательностью.

С выхода фильтров сигнал поступает на вход блока вычисления амплитуды и фазы сигнала, который показан на рисунке 10:

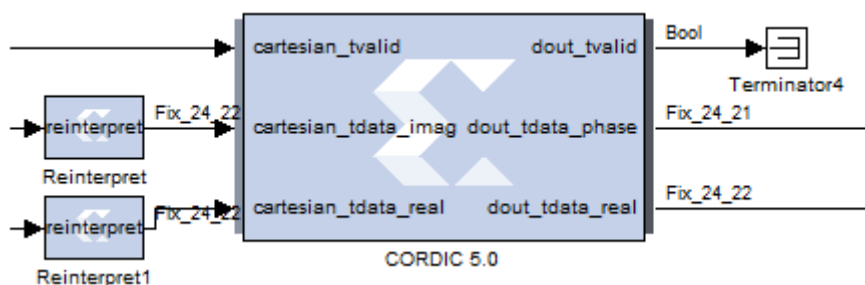


Рис. 10 – Блок вычисления модуля и фазы сигнала

На входы этого блока поступают синфазная – на вход «cartesian_tdata_real», квадратурная – на вход «cartesian_tdata_imag» составляющие сигнала и сигнал, который сообщает о том, что на входе блока есть данные, которые нужно принять – на вход «cartesian_tvalid». На выходе «dout_tvalid» получается сигнал сообщения готовности данных, которые нужно считать, на выходе «dout_tdata_phase» - фаза сигнала и на выходе «dout_tdata_real» - модуль данного сигнала, которые далее поступают на входы блока относительной фазовой деманипуляции (рисунок 11):

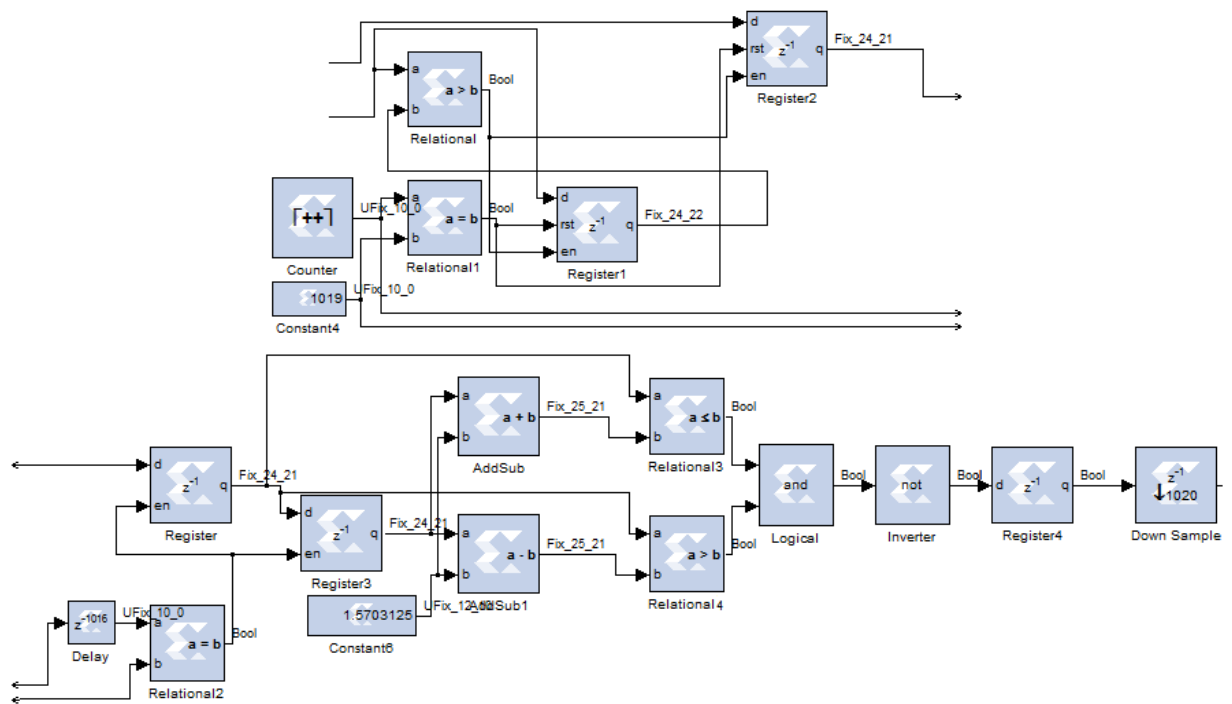


Рис. 11 – Блок относительной фазовой деманипуляции.

Блок относительной фазовой деманипуляции находит максимальное значение на периоде ВКФ сигналов (момент окончания прихода одной М-последовательности, после которой начинает приходить следующая), и так же фазу сигнала в этот момент.

Если фаза сигнала в пределах от $-\pi/2$ до $\pi/2$, то считается, что фаза сигнала не изменилась, если фаза сигнала в пределах от $\pi/2$ до $3\pi/2$, то считается, что фаза сигнала изменилась. При сохранении фазы на выходе блока появляется 0, при изменении – 1.

Далее данные идут на вход блока нахождения слова синхронизации (рисунок 12), на выходе которого получается кадр данных в последовательном коде, последовательный код преобразуется в параллельный и по 8 бит записывается в память (рисунок 13).

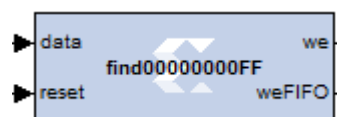


Рис. 12 – Блок нахождения слова синхронизации

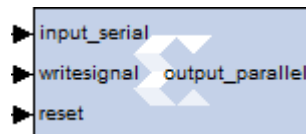


Рис. 13 – Блок преобразования последовательного кода в параллельный код

Глава 3. Выводы. Результаты натурального эксперимента.

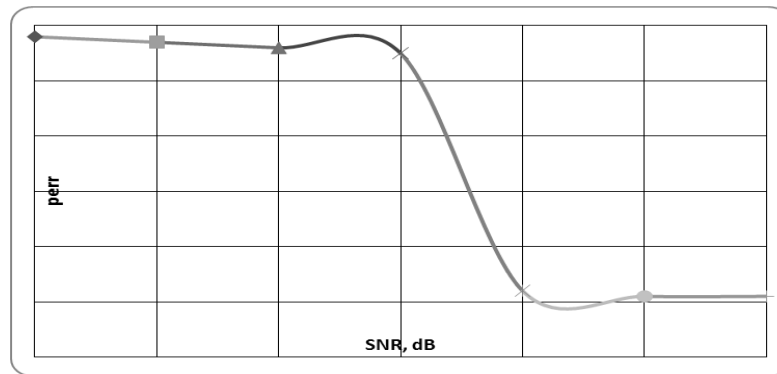


Рис. 14 – График зависимости вероятности ошибки правильного приема от отношения сигнал/шум

В результате эксперимента на установке, включающей: оценочный комплект KC705 фирмы Xilinx, оценочный комплект AD-FMCOMMS3-EBZ и две антенны(приёмная, передающая), был получен график зависимости вероятности ошибки правильного приема бита от отношения сигнал/шум (рисунок 14). Получение данных передатчиком осуществлялось с помощью стандарта «UART» со скоростью передачи 1,5 Мб/с.

1. В результате исследования была разработана система передачи данных высокой помехозащищенности.
2. Передающее и приемное устройства реализуют метод расширения спектра, осуществляя кодирование и декодирование передаваемого сообщения М-последовательностью.
3. Для расширения спектра при синтезе системы передачи данных используются М-последовательности с размером 255 элементов противоположной фазы, с применением относительной фазовой манипуляции.
4. В результате эксперимента было установлено, что работоспособность системы ограничивается отношением мощности сигнала и помехи равной -14 дБ. Как видно из рисунка 26 при достижении отношения С/Ш равном -14дБ, происходит скачкообразный переход на графике вероятности ошибки. Последующее увеличение мощности помехи определяет значение вероятности ошибки на уровне более 0,49.

Список литературы

1. P.Ipatov Spread Spectrum and CDMA. Principles and Application, Wiley, 2004 г. - 373 с.
2. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника»/Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов и др.; Под ред. Ю. М. Казаринова. –М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.
3. Golomb, Solomon W. (1967). [Shift register sequences](#). Holden-Day. [ISBN 0-89412-048-4](#).
4. Giedrius T. Buracas, SNL-B, Salk Institute. Register values are taken from: WDT Davies, System Identification for self-adaptive control. Wiley-Interscience, 1970. When using mseq code for design of FMRI experiments, please, cite: G.T.Buracas & G.M.Boynton (2002) Efficient Design of Event-Related fMRI Experiments Using M-sequences. [NeuroImage](#), 16, 801-813.

5. P.H.R. Scholefield, Shift Registers Generating MaximumLength Sequences, Electronic Technology, 10-1960, pp. 389-394.

References

1. P.Ipatov Spread Spectrum and CDMA. Principles and Application, Wiley, 2004 – 373 p.
2. Radio-technical systems: Proc. for high schools on special. "Radio" N / S. P. Grishin, VP Ipatov, YM Kazarinov etc .; Ed. YM Kazarinova. - M .: Higher. HQ., 1990. - 496 p.
3. Golomb, Solomon W. (1967). [*Shift register sequences*](#). Holden-Day. [ISBN 0-89412-048-4](#).
4. Giedrius T. Buracas, SNL-B, Salk Institute. Register values are taken from: WDT Davies, System Identification for self-adaptive control. Wiley-Interscience, 1970. When using mseq code for design of FMRI experiments, please, cite: G.T.Buracas & G.M.Boynton (2002) Efficient Design of Event-Related fMRI Experiments Using M-sequences. [NeuroImage](#), 16, 801-813.
5. P.H.R. Scholefield, Shift Registers Generating MaximumLength Sequences, Electronic Technology, 10-1960, pp. 389-394.